

**PRINCIPALES FACTORES QUE INFLUYEN
SOBRE EL RENDIMIENTO EN NADADORES
ADOLESCENTES EN LA PRUEBA 50
METROS ESTILO CROL**

**Main factors that influence on performance in adolescent
swimmers on 50 meters freestyle.**

Pardos Mainer, Elena
Rodríguez- Vicente, Germán (dir.)

Universidad de Zaragoza, Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, 2014
Departamento de Fisiatría y Enfermería

Trabajo Fin de Grado, 19 de Junio 2014

Principales factores que influyen en el rendimiento en nadadores adolescentes en la prueba 50 metros estilo crol.

Elena Pardos Mainer, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad de Zaragoza

RESUMEN

El objetivo de este estudio es conocer que factores influyen sobre el rendimiento en jóvenes nadadores (etapa juvenil) en pruebas de distancia corta (50 metros). Para ello, se estudió la asociación de los tiempos obtenidos en pruebas de 50 metros estilo crol con diversas pruebas de condición física de campo y laboratorio. En este estudio han participado 82 nadadores adolescentes (46 varones y 36 mujeres; 14.34 ± 2.17 años; altura 164.23 ± 12.1 cm; peso 55.55 ± 13.18 kg). Se evaluaron diferentes variables de condición física: el test de handgrip, test de salto horizontal con los pies juntos, test de fuerza isométrica de crol, test de extensión de rodilla y medición de la composición corporal (altura y peso), se tomó la velocidad máxima en 30 metros (carrera) y se estimó el consumo de oxígeno con la Course- Navette. La técnica fue valorada de manera subjetiva por cada entrenador. Las características descriptivas para el total de la muestra de nadadores y por género se obtuvo mediante estadística descriptiva. La correlación entre el tiempo en 50 metros y el resto de variables se estudió mediante un análisis de correlación parcial ajustado por edad. Las variables que determinan el rendimiento según el género se examinaron por medio de una regresión lineal múltiple. Los resultados muestran que el rendimiento en una prueba de 50 metros se asocia principalmente al rendimiento en una prueba de velocidad de carrera en 30 metros independientemente del género, además, en los varones, se asocia con la fuerza muscular del antebrazo y con factores antropométricos (altura) y en las mujeres con la fuerza dinámica de las extremidades inferiores. La técnica, solo parece estar relacionada con el rendimiento en estas edades cuando se toma varones y mujeres juntos, pero no de forma independiente. El rendimiento en nadadores durante la etapa juvenil en pruebas de natación de distancia corta, viene determinado principalmente por aspectos relacionados con la condición física y la antropometría, mientras que la técnica no parece ser determinante en esta etapa.

Palabras claves: Nadadores adolescentes, prueba 50 metros crol, fuerza, composición corporal, rendimiento

ABSTRACT

Aim: The aim of this study was to determine what factors influence performance of a short distance test (50 meters) in young swimmers (juvenile stage). Material and methods: 82 adolescent swimmers (46 men and 36 women; 14.34 ± 2.17 years, height 164.23 ± 12.1 cm, weight 55.55 ± 13.18 kg) participated in the study. The times in 50 meter front crawl were associated with various field and laboratory tests. The following fitness variables were evaluated; handgrip test, standing broad jump, isometric force crawl, knee extension test and measurement of body composition (height and weight). In addition, time to run 30 meters and oxygen consumption (Course-Navette) were also measured. The technique was evaluated subjectively by a trained coach. The correlation between personal best time (PBT) 50 meters and the other variables was studied through a age adjusted partial correlations. The variables that determined performance were examined using multiple linear regressions. Results: PBT is mainly associated with time to run 30 meters regardless of gender, also, in males, PBT is associated with forearm muscle strength and anthropometric factors (height) and in women with the dynamic strength of the lower limbs. The technique, only seems to be related to performance in this age when male and female are taken together. The performance in swimming during the juvenile stage in short distances, is mainly determined by fitness and anthropometry related aspects, while the technique does not appear to be decisive at this stage.

Keywords: Adolescents swimmers, 50 meters freestyle, strength, body composition, performance

1. INTRODUCCIÓN

La natación es un deporte individual que requiere habilidad, motivación y esfuerzo. En España es el decimotercer deporte con mayor número de fichas federativas [1].

La natación como competición tiene una larga historia y es actualmente uno de los deportes Olímpicos más importantes, con 16 modalidades. Diferentes aspectos separan la natación de otros deportes como son la posición prono, la fuerza de propulsión que se aplica contra un elemento fluctuante, el uso simultáneo de brazos-piernas por propulsión, el control de la respiración y el medio en el que se practica. Los nadadores tienen unas características antropométricas propias que distan de otros deportistas y su mejora del rendimiento depende de las adaptaciones fisiológicas del propio deportista [2].

A diferencia de otros deportes de equipo, como fútbol o baloncesto, la selección de los futuros nadadores que puedan llegar a tener éxito no está basada en la opinión subjetiva de los entrenadores, sino en sus resultados. Por esta razón, es apropiado llevar a cabo estudios para identificar estos nadadores, mediante controles habituales de sus entrenamientos desde edades tempranas a través de tests científicos. Para predecir el rendimiento deportivo se han propuesto diferentes modelos [3].

Múltiples estudios han determinado que el handgrip es un test válido de fuerza para evaluar el rendimiento futuro de deportistas adolescentes en deportes como escalada en roca[4], balonmano[5-8], baloncesto[8, 9], fútbol [10], tenis [11] y hockey sobre patines [12].

Centrándonos en la natación, el test de fuerza isométrica handgrip, está asociado con el rendimiento de jóvenes nadadores y de adultos [3, 13], de nadadores de élite [14] y de detección de talentos [15]. No solo sirve como única variable para identificar el rendimiento de los nadadores, también como parámetro para medir la fuerza.

Handgrip se utiliza frecuentemente porque se considera un fenotipo que refleja la función física en relación con los genes hereditarios [16]. Se cree que los nadadores con una alta fuerza corporal heredada tendrán más probabilidad de conocer su máximo rendimiento para cuando lleguen a la etapa adulta. Esto podría ser relevante porque el desarrollo de la fuerza está estrechamente relacionado con el estado madurativo [17] y en gran parte es modificable a través del entrenamiento [18].

Por lo tanto, también sería interesante valorar la fuerza de estos deportistas con otros test como el isométrico de extensión de rodilla, que también ha mostrado relaciones

positivas con el rendimiento en deportes como fútbol [19], hockey sobre patines [12], tenis [20] y voleibol [21, 22]. Sin embargo, estos test, handgrip y extensión de rodilla, pueden dar una visión general de la fuerza máxima que el deportista puede realizar, pero no simulan un movimiento específico de la natación. Es importante evaluar la fuerza específica de ciertos deportes a través de tests específicos porque mediante los tests generales no podemos describir la fuerza específica generada por los músculos de la mano involucrados en la práctica deportiva de cada deporte. Sin embargo, con los tests específicos podríamos describir las fuerzas fundamentales en el rendimiento de un deporte en particular, como la fuerza generada con el test de rotación interna y externa de hombros [23, 24] importante para los jugadores de tenis y balonmano, pero no decisiva para futbolistas donde el isométrico de extensión de rodilla [25] podría ser determinante del rendimiento. Por esta razón, nosotros hemos desarrollado un nuevo test llamado “fuerza isométrica de crol” (FIC), el cual simula el movimiento de los nadadores mientras realizan el crol aunque en isométrico.

Además de los test de fuerza, también se realizan una serie de test relacionados con otros componentes de la condición física que podrían estar asociados con el rendimiento en estas edades como son la potencia aeróbica, la velocidad y la fuerza dinámica.

Estos componentes se han valorado con los test como Course Navette, velocidad 30 metros y salto horizontal pies juntos que se han utilizado en otros estudios, con resultados positivos, para conocer la condición física de los sujetos como en fútbol [26, 27], balonmano [5], baloncesto [28] o mismamente en natación [29].

La elección de estos tests además de porque son de bajo coste monetario y corta duración, también tienen como objetivo reducir la batería de pruebas para evaluar y verificar el entrenamiento de los nadadores y sus mejoras a lo largo de la temporada.

Por lo tanto los objetivos de esta investigación han sido; 1) Evaluar la relación entre los tests no específicos y el rendimiento (handgrip e isométrico de extensión de rodilla), 2) Determinar la relación entre los tests específicos de fuerza y el rendimiento (fuerza isométrica de crol), y 3) Observar como la técnica influye en estos resultados.

2. MÉTODOS

El protocolo y la investigación presentada en este trabajo forman parte de un estudio controlado aleatoriamente por RENACIMIENTO (**R**epercusión del entrenamiento y la práctica de la **n**atación sobre el desarrollo metabólico y estructural del hueso en

crecimiento. Beneficios de la incorporación de entrenamiento pliométrico o vibratorio). El diseño total de este proyecto es explicado en el apartado de metodología.

2.1.Participantes

Un total de 82 nadadores adolescentes (media de edad 14.34 ± 2.17 años; altura 164.23 ± 12.1 cm; peso 55.55 ± 13.18 kg) de ambos sexos participaron en el estudio. Todos sujetos eran miembros de diferentes clubes de natación y entrenaban una media de 7.85 ± 2.67 horas a la semana. Los voluntarios estaban sanos y no sufrieron de ningún lesión importante que pudiese afectar los resultados en el momento del estudio.

2.2.Comité Ético

El estudio fue aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica desde el Gobierno de Aragón (C.I.PI11/0034; CEICA; SPAIN), que siguió las reglas internacionales de investigación con humanos redactadas en la declaración de Helsinki (1964) revisadas en 2000 en Edimburgo.

Padres o tutores y adolescentes aceptaron el consentimiento escrito.

2.3.Actividad física e información general

Un cuestionario estructurado incluyó información sobre aspectos del entrenamiento, años nadando (AN), horas entrenadas a la semana (HES) y otros aspectos relacionados con la práctica deportiva y personales, edad, enfermedades médicas, medicación y lesiones.

2.4.Pruebas de laboratorio

Las pruebas de laboratorio se completaron en 2 horas, incluyendo la composición corporal y las pruebas de fuerza.

2.4.1. Medición composición corporal

Un estadiómetro portátil con una altura máxima de 2.10m y un margen de error de 0.001m (SECA 225, SECA, Hamburgo, Alemania) fue utilizado para medir la altura. Los participantes se ponían de pie de tal forma que sus escápulas, nalgas y talones quedaban pegados a la pared; el cuello se mantiene en una posición natural no estirada, los talones se tocan entre sí, las puntas de los pies forman un ángulo de 45° y la cabeza

se mantiene recta con el borde orbitario inferior en el mismo plano horizontal que el conducto auditivo externo (Plano de Frankfort).

Un analizador portátil de composición corporal con capacidad máxima de 200kg y un margen de error de $\pm 100\text{g}$ (TANITA BC-418 MA; Tanita Corp., Tokyo, Japón) fue utilizado para medir la masa corporal. Los sujetos se quitaban los zapatos y la ropa de mayor peso para lograr una medición más exacta [30].

El índice de masa corporal (IMC) fue calculado dividiendo el peso (kg) por la altura al cuadrado (m^2).

2.4.2. Medición fuerza

La máxima fuerza isométrica de extensión de cuádriceps, extensión de rodilla (ER), fue medida utilizando un calibrador de tensión (MuscleLab, Force Sensor, Noruega) tras 5 minutos de calentamiento en un cicloergómetro (Monark 927E, Sweden) con una resistencia mínima de 60 rev·min. Los participantes se sentaban en una silla, con un anclaje colocado en el tercio distal de la tibia. Este anclaje estaba conectado al calibrador de tensión MuscleLab que registraba en Newtons la fuerza isométrica generada durante 6 segundos por los sujetos a los que se les animaba a realizar la máxima fuerza posible. Cada participante realizaba dos repeticiones máximas con cada pierna y se esperaba un mínimo de 3 minutos entre cada repetición con la misma pierna. El mejor intento con cada pierna fue seleccionado para el análisis.

La máxima fuerza isométrica del antebrazo (HG) fue determinada por un dinamómetro de calibrador de tensión digital (Takei TTK 5401, Takei scientific instruments, Tokyo, Japón) con el fin de evaluar la fuerza de presión manual. Los participantes fueron instruidos para ejercer su control máximo con el miembro superior en extensión (derecho e izquierdo) en dos ensayos, con breves pausas entre cada uno (3 minutos). A la hora de realizar la prueba, la palma de la mano era diferente para cada participante, por lo que se regulaba el HG de acuerdo a su tamaño. El dinamómetro se colocó teniendo en cuenta la empuñadura óptima sugerida por Ruiz et al. [31]. El mejor intento realizado con cada mano fue seleccionado para el análisis.

La máxima fuerza isométrica de flexión de hombro, que es nuestros test de fuerza isométrica de crol (FIC) fue medida utilizando un medidor de tensión (MuscleLab, Force Sensor, Noruega). Se les animó a los adolescentes a realizar la máxima fuerza isométrica tumbados en un banco de fitness con un brazo extendido a la altura de la

cabeza , simulando la fase de barrido hacia abajo del estilo crol. Se llevaron a cabo dos intentos con cada miembro superior, existiendo una breve pausa entre cada uno (3 minutos). En todas las pruebas un investigador animaba con estímulos verbales para lograr que los sujetos realizasen la máxima fuerza posible. El mejor intento con cada brazo fue seleccionado para el análisis.

2.5.Pruebas de campo

Las pruebas de campo se llevaron a cabo durante un día y se realizaron en las mismas condiciones para todos los nadadores. El mejor tiempo personal nadando (MTP) y la técnica fueron suministrados por los entrenadores.

2.5.1. Fitness

El salto horizontal con los pies juntos (SHP) fue realizado para medir la fuerza explosiva de las piernas. Se les exigió a los participantes despegar y aterrizar con los dos pies juntos, permitiéndoseles balancear los brazos y doblar las rodillas para proporcionar tracción delantera. Se permitió tres intentos. Se les proporcionó un tiempo de descanso de 2 minutos entre cada intento.

VO₂max fue evaluado con la prueba de Course Navette en la que el sujeto va desplazándose de un punto a otro situado a 20 metros de distancia y realizando un cambio de sentido al ritmo indicado por una señal sonora que va acelerándose progresivamente. La velocidad inicial es de 8,5 km/h y se incrementa en intervalos de 0,5 km/h cada minuto, cada uno llamado periodo. Los sujetos deben salir de detrás del cono de 20m en el momento exacto en el que escuchan la señal de audio. La prueba termina cuando el participante se detiene debido a la fatiga o no logra alcanzar el cono de acuerdo a la señal de audio en dos ocasiones consecutivas.

La capacidad aeróbica fue determinada midiendo el consumo máximo de oxígeno (VO₂max), estimado por la ecuación de Leger para individuos de ambos sexos entre 6 y 18 años [32].

2.5.2. Tiempo de velocidad de carrera

Velocidad 30 metros (V30m) fue medida a través de células fotovoltaicas separadas por 30 metros a lo largo del campo de fútbol sala. El medidor daba la señal de salida y los

sujetos corrían a la máxima velocidad posible hasta la siguiente célula, prueba descrita por Vicente- Rodriguez. [33]

2.5.3. Mejor tiempo personal nadando

El tiempo en 50 metros fue obtenido de la marca realizada por cada sujeto en el Campeonato de Aragón 2013.

2.5.4. Técnica de crol

La técnica de crol (TC) fue medida subjetivamente por el entrenador de cada club, dando una puntuación entre 1 y 10, siendo 1 muy mala técnica y 10 una técnica excelente.

2.6. *Análisis estadístico*

Los datos son presentados con media de \pm desviación estándar (SD) y fueron analizados utilizando el Statistical Package for the Social Sciences 15.0 software (SPSS Inc., USA). El estudio de las variables muestra una distribución normal de acuerdo a la prueba de Kolmogorov- Smirnov. Para identificar las diferencias entre todas las variables entre género, un estudio t-test independiente fue realizado. Una simple matriz de correlación ajustada por edad fue aplicada entre el tiempo realizado en 50 metros y todos los parámetros considerados (tiempo 50 metros, Peso, Altura, IMC, TC, FIC, ER, HG, VO₂max, V30m, SHP, AN, HES, MM and %G) diferenciando por género para encontrar los factores más importantes con el fin de calcular modelos de regresión múltiple.

Después se introdujeron variables correlacionadas en una regresión múltiple por pasos (Modelo 1). El Modelo 1 fue ajustado por valores importantes de confusión: HES (Modelo 2= Modelo 1 + HES) y por Edad (Modelo 3= Modelo 2 + Edad). Para todo el análisis estadístico, la significación estadística se estableció para $p < .05$.

3. **RESULTADOS**

La estadística descriptiva para el total de la muestra de nadadores está resumida en la Tabla 1. Los varones eran mayores, más pesados y altos y presentaban valores superiores en IMC, CIF, ER, HG, VO₂max y SHP, menores tiempos en V30m y 50m

que en mujeres (todo $p < 0.05$). No se encontraron diferencias en la técnica de crol entre varones y mujeres.

Cuando todos los nadadores fueron analizados como un grupo, el análisis de correlación parcial ajustado por edad mostró que MTP tenía correlación con SHP, V30m, VO_{2max} , HG, FIC, ER, CT, Peso, Altura, MM y HS ($p < 0.05$; Tabla 2). Cuando se divide por género, los varones muestran correlación significativa con SHP, V30m, VO_{2max} , HG, CT, Peso, Altura, MM y HS (todo $p < 0.05$; Tabla 2). Mientras el MTP en mujeres muestra correlación con SHP, V30m y CT.

Tabla 3 muestra la asociación entre 50 metros estilo libre, fitness y composición corporal después. El MTP para todos los nadadores juntos fue asociado con la Altura, V30m, TC y SHP; HG, Altura y V30m para varones y solo SHP y V30m para mujeres.

Table 3 shows the association between 50 meters freestyle, fitness and body (todo $p < 0.05$; Tabla 3). Además ajustando por HES no se modifica esta asociación (tabla 3). Cuando se ajustó por Edad, MTP fue relacionado con Altura, V30m y TC para todos nadadores; HG y V30m para varones y simplemente SHP para mujeres.

4. DISCUSIÓN

Los hallazgos más importantes de este estudio son que el rendimiento en una prueba de 50 metros, se asocia principalmente, al rendimiento en una prueba de velocidad de carrera en 30 metros, independientemente del género. Además, en los varones, se asocia con la fuerza muscular del antebrazo y con factores antropométricos (altura) y en las mujeres, con la fuerza dinámica de las extremidades inferiores. La técnica, solo parece estar asociada con el rendimiento en estas edades, cuando se toma varones y mujeres juntos, pero no de forma independiente. La velocidad en 30 metros varía según el tipo de fibra muscular que posea la persona, así como, la velocidad de contracción del músculo, depende de la proporción de fibras tipo II [34].

La presente investigación se centra en pruebas de natación de distancia corta (50 metros), siendo las fibras tipo II las predominantes en este tipo de pruebas [35] y concretamente las tipo IIb de contracción más rápida. Por tanto, la asociación entre el rendimiento en 50 metros de natación con la prueba 30 metros corriendo podría deberse a la similitud metabólica y fisiológica del esfuerzo que viene determinado por una similitud en tipología muscular (predominancia de las fibras tipo II).

El hecho de que en un sujeto predominen las fibras tipo I o tipo II depende de su herencia genética. Por lo tanto la velocidad 30 metros está relacionada con la genética.

Es la única variable común a ambos géneros, por lo que poseer un mayor número de fibras tipo II en el músculo de nadadores de corta distancia podría ser clave para obtener un mayor rendimiento. No obstante, se necesitan estudios específicos al respecto para corroborar estas sugerencias.

Curiosamente, la técnica, que es el patrón de movimientos a realizar y cuyo fin principal es el ahorro de energía, así como la optimización de la fuerza propulsora, se suele identificar con uno de los factores determinantes del rendimiento deportivo. Un alto número de estudios concluyen que la técnica en la natación es clave para el rendimiento [35]. Sin embargo, nuestros resultados sugieren que en edades tempranas la técnica no parece determinar el rendimiento en varones y mujeres de forma independiente. En este estudio, la técnica se ha valorado de forma subjetiva a partir de la apreciación de los entrenadores entendida como nivel técnico medio que los entrenadores atribuyen a cada uno de los nadadores. Quizás un análisis más preciso, incluso diferenciado por sexos, analizando posibles diferencias en la forma de ejecución o el aprovechamiento de la energía, podría ayudar a aclarar la verdadera influencia durante esta etapa de crecimiento.

Pese a que posiblemente la técnica no determine el rendimiento en estas etapas en las que otros factores como los antropométricos o la condición física pueden tener mayor influencia, no deja de ser importante enseñarla y perfeccionarla en etapas previas [36, 37], ya que podría convertirse en un aspecto crucial en el futuro cuando las características físicas y de condición física se igualen.

La fuerza parece ser un factor determinante en el rendimiento, principalmente la fuerza de extremidades superiores en los varones y la fuerza dinámica de piernas en las mujeres. Que las mujeres obtengan más rendimiento de mayores niveles de fuerza en las piernas y los varones en los brazos podría deberse a aspectos de la ejecución técnica que podrían diferir entre ambos géneros. No hay estudios que lo corroboren, por lo que se necesitaría valorar esta hipótesis.

De hecho, la fuerza está relacionada con el número total de fibras, su área, tensión y el porcentaje de fibras activas. La fuerza de handgrip mide la contracción máxima isométrica debida a la flexión de las articulaciones de los dedos con la máxima fuerza voluntaria que es capaz de ejercer el sujeto en condiciones normales biocinéticas [38].

La fuerza de las manos podría tener relevancia en la fase de agarre y este hecho explicaría porque el test handgrip está relacionado con el rendimiento en varones. De hecho hay otros autores como Geladas et al. los cuales demostraron que la dinamometría manual es un parámetro importante para determinar el rendimiento de distancias cortas en natación [13]. Además es un test de fuerza que se asocia con niveles generales de condición física referentes a la fuerza [39] y que por tanto las personas que obtienen valores superiores en handgrip, a la vez, son más fuertes. Por lo tanto, tener mayores niveles de fuerza podría ser un factor de rendimiento en varones, pero sin embargo en las mujeres, parece no estar asociado, lo que podría ser debido a que generen más propulsión con las extremidades inferiores. Curiosamente, en esta línea observamos que el rendimiento en las mujeres está asociado a mayores niveles de fuerza dinámica de las extremidades inferiores. De nuevo un análisis exhaustivo de los patrones técnicos diferenciados por género podría aclarar estos aspectos.

La altura es un factor antropométrico de rendimiento en jóvenes nadadores, concretamente en pruebas de distancia corta [40, 41]. La altura tiene una relación lineal con la envergadura (longitud de brazo) del nadador, siendo uno de los principales predictores de rendimiento [42]. Esto parece tener mayor importancia en los varones que en las mujeres en la etapa juvenil. Podría ser debido a que los varones centran su rendimiento en los factores físicos, mayor altura, mayor envergadura, más fuerza en las extremidades superiores y por lo tanto mayor fase de agarre, mientras que en las mujeres la altura no es un factor importante porque centran su rendimiento en la fuerza de la extremidad inferior, por lo tanto tener mayor o menor altura no les afecta tanto como a los varones. En definitiva sería el tipo de técnica que utilice cada género el que influenciaría en el rendimiento, varones una técnica centrada en la fase de agarre y mujeres centrada en la fase de propulsión, pero estas ideas también necesitan ser estudiadas.

Se ha sugerido a veces que el tener un determinado nivel de grasa corporal, favorece la flotación [43, 44] y con eso lograr un rendimiento mayor, sin embargo en el presente estudio no se observa asociación ninguna entre el porcentaje de grasa y el tiempo 50 metros, al menos en pruebas cortas, quizás en pruebas largas se puedan observar efectos diferentes.

Algunas limitaciones merecen ser comentadas. La técnica ha sido medida por el entrenador de cada club, pero se proporciono una planilla para estandarizar las

observaciones, tratando de que fuera juzgada desde un punto de vista más objetivo y con menor variación de un entrenador a otro. No obstante sabemos que a pesar de ser una valoración subjetiva, ésta viene determinada por un experto en natación.

Por otra parte, estudiar las posibles diferencias técnicas entre los modelos de ejecución de varones y de mujeres, podría haber ayudado a explicar por qué está más asociada la fuerza de extremidades superiores con la altura en varones y aspectos relacionados con las extremidades inferiores como la fuerza dinámica con las mujeres.

No se han evaluado aspectos genéticos ni morfológicos concretamente de las fibras musculares, convendría realizar un análisis de fibrotipado muscular de los nadadores para ayudar a comprender mejor la relación entre la velocidad y el rendimiento en estas pruebas [45].

Pero también se debe recalcar que este estudio tiene aspectos positivos, como haber evaluado a un gran número de nadadores con altos niveles de entrenamiento y con métodos sofisticados de fuerza. Incluir de manera combinada variables de composición corporal, antropométricas y de condición física y hacer análisis diferenciados por géneros.

5. CONCLUSIÓN

El rendimiento en nadadores durante la etapa juvenil en pruebas de natación de distancia corta, viene determinado principalmente por aspectos relacionados con la condición física y la antropometría. Los varones centran su rendimiento en los factores físicos (altura y fuerza en extremidades superiores), mientras que las mujeres, en la potencia de las extremidades inferiores (fuerza dinámica de piernas). Es posible que predomine favorablemente, siendo común a ambos géneros, un tipo de fibra muscular, las fibras tipo IIb de contracción más rápida que dependen de la genética. La técnica, en esta etapa no parece determinar el rendimiento en varones y mujeres, porque existen otros factores como los antropométricos o la condición física que pueden tener mayor influencia.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer al Grupo GENUD y en especial a Alejandro Gómez-Bruton, Ángel Matute-Llorente, José Antonio Casajús y Germán Vicente-Rodriguez su colaboración y oportunidades para realizar este estudio.

Tabla 1. Características descriptivas. Datos son presentados con media \pm Desviación Estándar (SD).

Variable	General (n=67)	Varones (n= 46)	Mujeres (n= 36)
Edad (y)	14.34 \pm 2.17	15.32 \pm 2.06*	13.56 \pm 1.97
Peso (kg)	55.55 \pm 13.18	62.52 \pm 11.54*	47.45 \pm 9.35
Altura (cm)	164.23 \pm 12.1	171.16 \pm 10.15*	157.17 \pm 10.01
IMC (kg/m ²)	20.31 \pm 2.78	21.21 \pm 2.83*	19.01 \pm 1.8
Técnica crol (1/10)	6.21 \pm 1.43	6.11 \pm 1.57	6.12 \pm 1.45
Fuerza Isométrica Crol (N)	271.6 \pm 114.83	338.51 \pm 110.76*	188.34 \pm 49.50
ER Isométrica (N)	899.66 \pm 276.74	1046.44 \pm 272.87*	728.31 \pm 154.77
Handgrip (kg)	54.99 \pm 17.83	66.04 \pm 17.91*	43.54 \pm 8.75
VO ₂ max (l/min)	50.57 \pm 4.9	52.51 \pm 4.43*	48.1 \pm 5.15
V30m (s)	5.17 \pm 0.48	4.87 \pm 0.35*	5.52 \pm 0.38
SHP (m)	1.89 \pm 0.30	2.10 \pm 0.25*	1.65 \pm 0.17
Time 50m (s)	30.78 \pm 3.12	29.49 \pm 2.79*	32.46 \pm 2.72
Años nadando (y)	9.67 \pm 2.27	8.43 \pm 3.06	7.89 \pm 2.44
HES (h)	7.85 \pm 2.67	10.16 \pm 2.1	9.51 \pm 2.38
Masa magra (kg)	44.41 \pm 11.67	50.62 \pm 10.58	36.28 \pm 7.21
% grasa (%)	10.22 \pm 3.51	9.87 \pm 3.76	10.67 \pm 3.17

Note. IMC = índice masa corporal; ER Isometric = extensión de rodilla isométrica; V30m = velocidad 30 metros; SHP = salto horizontal pies juntos; HES = horas entrenando a la semana; VO₂max: máxima potencia aeróbica; % grasa: porcentaje corporal de grasa.*p< 0.05 en comparación con el grupo femenino.

Principales factores que influyen sobre el rendimiento en nadadores adolescentes en la prueba 50 metros estilo crol

Elena Pardos Mainer

Tabla 2. Coeficientes de correlación entre tiempo 50m estilo libre y las variables de condición física y composición corporal presentadas por todos los nadadores y segmentadas por género, varones y mujeres.

	<i>Sex</i>	<i>SHP</i>	<i>V30m</i>	<i>VO₂max</i>	<i>HG</i>	<i>CIF</i>	<i>ER</i>	<i>CT</i>	<i>W</i>	<i>H</i>	<i>IMC</i>	<i>MM</i>	<i>%G</i>	<i>HS</i>	<i>AN</i>
<i>T50m</i>	G (n=67)	-0.561*	0.538*	-0.435*	-0.511*	-0.269*	-0.267*	-0.322*	-0.440*	-0.602*	-0.114	-0.516*	-0.026	-0.464*	-0.092
	V(n=38)	-0.562*	0.514*	-0.384*	-0.599*	-0.184	-0.221	-0.340*	-0.461*	-0.687*	-0.089	-0.561*	-0.007	-0.666*	-0.174
	M(n=29)	-0.508*	0.420*	-0.352	-0.106	-0.151	-0.122	-0.471*	-0.214	-0.318	0.036	-0.271	-0.045	-0.171	-0.036

G=General; V = varones; M = mujeres; T50m = Tiempo 50 metros; SHP = salto horizontal pies juntos; V30m = velocidad 30 metros; HG = handgrip; CIF = fuerza isométrica crol; ER = extensión de rodilla isométrica; CT = técnica crol; P = peso; A = altura; IMC = índice de masa corporal; MM = masa magra; %G = % grasa; HES = horas entrenadas a la semana; AN = años nadando. *=p<0.05

Tabla 3. Análisis de regresión lineal múltiple de las variables de condición física y composición corporal respecto a los 50 metros de estilo libre.

Time 50m (s)									
Variables dependientes	Modelo 1			Modelo 2			Modelo 3		
	β^{δ}	Semip corre ^º	p	β^{δ}	Semip corre ^º	p	β^{δ}	Semip corre ^º	p
General									
Altura	-0.413	-0.298	-0.000	-0.384	-0.274	0.000	-0.331	-0.226	0.000
V30m	0.217	0.126	0.035	0.258	0.147	0.011	0.217	0.122	0.029
Técnica crol	-0.207	-0.202	0.001	-0.192	-0.186	0.002	-0.183	-0.177	0.002
SHP	-0.302	-0.122	0.006	-0.222	-0.116	0.043	-0.162	-0.082	0.138
Varones									
Handgrip	-0.279	-0.174	0.034	-0.269	-0.168	0.029	-0.231	-0.133	0.082
Altura	-0.441	-0.340	0.000	-0.334	-0.236	0.003	-0.314	-0.215	0.006
V30m	0.301	0.218	0.009	0.280	0.202	0.009	0.256	0.176	0.023
Mujeres									
SHP	-0.465	-0.415	0.002	-0.434	-0.351	0.009	-0.316	-0.246	0.028
V30m	0.442	0.394	0.003	0.451	0.399	0.003	0.256	0.202	0.067

Resultados significativos en **negrita**

Modelo 1

Modelo 2 = Modelo 1 + Horas entrenadas a la semana (h)

Modelo 3 = Modelo 2 + Edad (yr)

^δ β Es el coeficiente de regresión estandarizado estimado

^º Correlación semi-parcial

Main factors that influence on performance in adolescent swimmers on 50 meters freestyle.

Elena Pardos Mainer, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad de Zaragoza

1. INTRODUCTION

Swimming is an individual sport that requires skill, motivation and effort. In Spain it is the thirteenth sport with the largest number of federal records [1]. Competitive swimming has a long history and is currently one of the largest important Olympic sports, with sixteen events. Several aspects differentiate swimming from other sports such as the prone position, propulsive forces that are applied against a fluctuant element, simultaneous use of arms and legs for propulsion, water immersion (i.e. controlled respiration) and minimal influence of equipment on performance. Competitive swimmers are suggested to have specific anthropometrical features compared with other athletes, but are nevertheless dependent on physiological adaptations to enhance their performance [2].

Differently to other team sports like soccer or basketball, the selection of future swimmers that can reach success is not based on the subjective opinion of coaches, but on their results. For this reason it is appropriate to carry out studies to determine by scientific tests those swimmers who will be able to have an optimal performance from an early age. To predict sporting performance different models have been proposed [3]. Several studies have determined that handgrip is a valid strength test to assess future performance in adolescent athletes, in sports such as rock climbers [4] handball [5-8], basketball [8, 9], soccer [10], tennis [11] and roller hockey [12].

Focusing on swimming, the handgrip isometric strength test has been associated with performance in young and adult swimmers [3, 13], elite swimmers [14] and talent detection models [15]. It is not only used as a variable to identify swimmers performance, but also as a factor to calculate strength. Handgrip is often used because it is considered a phenotype that reflects physical function in relation to hereditary genes. [16]. It is believed that swimmers with high hereditary body strength will be more likely to meet their highest performance once they become adults. This could be relevant because the strength development is closely related with maturation status [17] and is to a large extent modifiable through training. [18].

It would therefore also be interesting to assess the strength of these athletes with other tests such as isometric knee extension, which has also demonstrated positive relations with performance in sports like soccer [19], roller hockey [12], tennis [20] and volleyball [21, 22]. Nevertheless, both handgrip and knee extension can give an overview of the maximum strength the athlete can perform, but they do not simulate a specific swimming stroke. It is important to evaluate specific strength of certain sports through specific tests, because through general tests we can not describe the specific forces generated by the main muscles involved during the practice of each sport. However, with specific tests we might be able to describe forces that are critical to performance in a particular sport, for example forces generated with the shoulder with internal and external rotation tests [23, 24] important for both tennis and handball players but that are not determinant for soccer players, where isometric knee extension [25] might be a performance determinant. Because of this, we have developed a new test called “isometric crawl force” (ICF), which simulates the motion of swimmers while they are practicing front crawl, although in an isometric way.

In addition to strength tests, there are also a series of tests related to other fitness components which might be associated to performance in these ages as aerobic power, velocity and dynamic strength.

These components have been assessed with the following field tests; twenty meters shuttle run, velocity 30 meters sprint and standing broad jump, which have been used in other studies with positive results to elucidate the subjects physical condition in [26, 27], handball [5], basketball [28] or similarly in swimming [29].

The choice of these tests in addition to being of low monetary and temporary cost, also aims to reduce the test battery to evaluate and verify the training of swimmers and their improvements across the season.

Therefore the aims of this research were; 1) to assess the relation between non-specific tests and performance (handgrip, isometric knee extension and field tests), 2) to assess the relation between a specific strength test and performance (crawl force), 3) to assess the relation between body composition and performance, and 4) to assess how does swimming technique influence these results.

2. **METHODS**

The protocol and research presented in this paper is part of the Randomized Controlled Trial RENACIMIENTO (**R**epercusión del entrenamiento y la práctica de la **n**atación sobre el desarrollo metabólico y estructural del hueso en **c**recimiento. Beneficios de la incorporación de entrenamiento pliométrico o vibratorio). Full design of the project is explained in the methodological paper. [30]

2.1.Participants

A total of 82 adolescent swimmers (mean age 14.34 ± 2.17 years) of both sexes participated in the study. All subjects were members of several swimming clubs and trained for an average 7.85 ± 2.67 hours. They had been training for 9.67 ± 2.27 years before this moment. The volunteers were healthy and did not have any important injuries at the moment of the study that could affect results.

2.2.Ethical committee

The study was aproved by the Ethics Committee of Clinical Research from the Government of Aragón (C.I.PI11/0034; CEICA; SPAIN), and will follow the international rules for research with humans, following the Declaration of Helsinki (1964) as revised in 2000 in Edinburgh.

Parents or tuthors and adolescents provided written consent.

2.3.Physical activity and general information

A structured questionnaire included information about aspects regarding training, swim years (SY), swim hours/week (SHW) and other practiced sports and personal aspects, such as birthdate, medicals issues, medication and injuries.

2.4.Laboratory tests

Laboratory testing was completed in 2 hours including body composition and strength tests.

2.4.1. Body Composition measurements

A portable stadiometer with 2.10m maximum capacity and a 0.1cm error margin (SECA 225, SECA, Hamburg, Germany) was used to measure height. Participants stood with

their scapula, buttocks and heels resting against a wall; the neck was held in a natural non- stretched position, the heels were touching each other, the toe tips formed a 45° angle and the head was held straight with the inferior orbital border in the same horizontal plane as the external auditive conduct (Frankfort`s plane). A portable body composition analyzer with a 200kg maximum capacity and a ± 100 g error margin (TANITA BC-418 MA; Tanita Corp., Tokyo, Japan) was used to measure the body mass. Individuals removed shoes and heavy cloths prior to weighing. [31]

Body mass index (BMI) was calculated by dividing weight (kg) by squared height (m^2) .

2.4.2. Strength measurements

Maximum isometric cuadriceps extension strength, knee extension (KE), was measured using a strain gauge (MuscleLab, Force Sensor, Norway) after a 5 min warm-up on a cycle ergometer (Monark 927E, Sweden) with minimal resistance at 60 rev·min. Participants were seated on a chair, with an anchorage placed on the distal third of the tibia. This anchorage was connected to a MucleLab gauge that registered the Newtons of isometric force generated during the 6 seconds that subjects were encouraged to perform maximum strength. Each subject performed two discontinuous maximal repetitions with each leg and a minimum of 3 minutes between attempts with the same leg. The best attempt with each leg was selected for further analyses.

Maximum isometric forearm strength (HG) was determined with a digital strain-gauge dynamometer (Takei TKK 5401, Takei scientific instruments, Tokyo, Japan) in order to evaluate hand-grip strength. The participants were instructed to exert their maximal grip with the upper limb in extension (right and left hand) in two trials, with brief pauses between each (3minutes). Hand span to perform the test was different for each participant according to their hand size. The dynamometer was placed according to the optimal handgrip span suggested by Ruiz et al. [32]. The best attempt with each hand was selected for further analyses.

Maximum isometric shoulder flexion strength, that is our isometric crawl force test (ICF) was measured using a strain gauge (MuscleLab, Force Sensor, Norway). Adolescents were encouraged to performed the maximum isometric strength lying on a fitness bench with one arm extended in an overhead position simulating the downsweep phase of freestyle swimming. Two attempts were performed with each upper limb, with brief pauses between each (3 minutes). In all tests an investigator provided verbal

encouragements of maximal efforts. The best attempt with each arm was selected for further analyses.

2.5. Field tests

Field tests took place during another day and were performed in the same conditions for all swimmers. Swimming personal best time (PBT) was supplied by trainers.

2.5.1. Fitness

Standing Broad Jump (SBJ) was performed in order to test explosive leg power. A two foot take-off and landing were demanded to the participants, allowing them to swing their arms and bend their knees to provide forward drive. Three attempts were allowed. A rest period of 2 minutes was provided between the trials.

VO₂max was evaluated with the twenty meters shuttle run fitness test, which involves continuous running between two lines 20 meters apart in time to recorded beeps. The rhythm is set by means of audio signals. The initial speed is 8.5 km/h and is increased by 0.5 km/h intervals every minute, each called a stage. Subjects should step behind the 20m cone at the exact time that the audio signal is heard. The test finishes when the subject stops because of fatigue or fails to reach the end cone concurrent with the audio signal on two consecutive occasions.

Aerobic capacity was determined using the maximal oxygen consumption (VO₂max), estimated as per Leger equation for subjects (both sex) between 6 to 18 years [33].

2.5.2. Running Speed time

Velocity 30 meters (V30m) was measured through photovoltaic cells, which were separated 30 meters along an indoor football pitch. The protocol has been described elsewhere. [34]

2.5.3. Swimming personal best time

Fifty meters personal best time was obtained for each subject's mark recorded in the swimming Aragon Championship 2013.

2.5.4. Crawl technique

Crawl technique (CT) was subjectively measured by the trainer of each swimming club. The trainer gave punctuation between 1 and 10, being 1 very bad technique and 10 very good technique.

2.6. Statistical Analyses

Data are presented as mean \pm standard deviation (SD) and were analyzed using the Statistical Package for the Social Sciences 15.0 software (SPSS Inc., USA). The studied variables showed a normal distribution studied using Kolmogorov-Smirnov. To identify differences in all the variables among genders, an Independent student t- test was performed. Partial correlations adjusting by age were applied among performance times for 50 meters and all considered parameters (Time 50m, Weight, Height, BMI, CT, ICF, KE, HG, VO₂max, V30m, SBJ, SY, SHW, LM and % F) differentiating by gender to find the most important factors to compute multiple regression models.

Furtherone, correlated variables were entered in a multiple stepwise regression (Model 1). Model 1 was further adjusted by important confounders: SWH (Model 2 = Model 1 + SHW) and by Age (Model 3 = Model 2 + Age). For all statistical analyses, statistical significance was set at $p < .05$.

3. **RESULTS**

Descriptive statistics for the total swimming sample are summarized in Table 1. Males were older, heavier, taller and presented higher values of BMI, ICF, KE, HG, VO₂max and SBJ and less time in V30m and in 50m than females (all $p < 0.05$). No differences were found in crawl technique between men and women.

When all swimmers were analyzed as a group, partial correlation analysis adjusting by age showed that PBT was correlated with SBJ, V30m, VO₂max, HG, ICF, KE, TC, Weight, Height, LM and HW ($p < 0.05$; Table 2). When splitting by gender males showed significant correlations with SBJ, V30m, VO₂max, HG, TC, Weight, Height, LM and HW (all $p < 0.05$; Table 2). While females PBT showed correlations with SBJ, V30m and TC.

Table 3 shows the association between 50 meters freestyle, fitness and body composition. PBT for all swimmers together was associated to Height, V30m, CT and SBJ; to HG, Height and V30m for male and only to SBJ and V30m for female (all

$p < 0.05$; Table 3). Further adjustment by SHW did not modify these associations (table 3). When adjusted by Age, PBT was explained by Height, V30m and CT for all swimmers; HG and V30m for male and just SBJ for female.

4. DISCUSSION

The major findings of this study are that the performance on 50 meters freestyle is mainly associated with performance on test of running 30 meters velocity independently of gender, besides, in males, it is associated with forearm muscle strength (handgrip) and anthropometrics factors (height) and in females with the dynamic strength of the lower limbs (broad jump). The technique appears to be associated only with performance in this age when swimmers are not splitted by gender.

The speed on 30 meters varies in accordance with the type of muscle fiber that swimmers possess. Muscle contraction velocity depends on the proportion of type II muscle fibers [35]. This research focuses on swimming short distance (50 m) events, being type II fibers predominant in this type of events [36] and particularly the type IIb faster contraction. Therefore, the association between performances on 50 meters freestyle and the test of running 30 meters could be due to metabolic and physiological similitude of the effort that is determined by a similarity in muscle type (predominance of type II fibers).

The fact that in a subject type I fibers or type II fibers predominate depends on his genetic inheritance. Therefore velocity 30 meters is partly related to genetics. It is the only common variable to both genders, so that having a larger number of type II fibers in muscle of short-distance swimmers could be the key to obtain a better performance. However, specific studies on the subject to corroborate these suggestions are needed.

Interestingly, the technique, which is the pattern of movements to be performed and whose primary purpose is saving energy and optimizing the propulsive force, is usually identified as one of the determinant factors of athletic performance. A large number of studies conclude that the swimming technique is the key to performance [37-39]. However, our results suggest that at early ages, technique does not seem to determine performance in males and females separately. In this study, the technique has been assessed subjectively from the appreciation of the coaches, understood as medium technical level that coaches attribute to each of the swimmers. Perhaps a more accurate analysis, even differentiated by gender, analyzing the potential differences in the form

of implementation or use of energy, could help to clarify the real influence during this stage of growth.

Although is possible the technique does not determine the performance in these stages in that other factors such as anthropometric or physical condition may have greater influence, it is still important to teach it and perfect it in previous stages [39, 40], because it could become a crucial aspect in the future when the physical and fitness characteristics will be equal.

Strength seems to be a determinant factor regarding performance, mainly upper limb strength in males and dynamic leg strength in females. The fact that females present higher levels of leg strength influence in performance and males in arm strength could be due to the technical implementation aspects that may differ between genders. There are no corroborating studies, so we would need to assess this hypothesis.

In fact, the strength is related to the total number of fibers, their area, strain and percentage of active fibers. Handgrip strength measures the maximum isometric contraction due to bending of the finger joints with maximum voluntary force that the subject is capable of exercise in normal biokinetic [41]. Hand strength could be relevant in the grasp phase and this would explain why the handgrip test is related to performance in males. In fact there are other authors like Geladas et al. who showed that the handgrip is an important parameter for determining the performance of short-distance swimming [13]. Therefore, to have higher levels of force could be a performance factor in males. In females however, it does not seem to be related, which could be due to the fact that females might generate more propulsion with the lower extremities, as females PBT was associated with higher dynamic lower extremity strength levels. Again a comprehensive patterns technical analysis differentiated by gender could clarify these issues.

Height is a performance anthropometric factor in young swimmers, particularly in short distance events [38, 42]. Height has a linear relationship with the swimmer's size (length of arm) swimmer, being one of the main predictors of performance [43]. This seems to be more important in males than in females at the youthful stage. It could be because males focus their performance in the physical factors, taller, larger, more strength in the upper extremities and therefore greater grasp phase, while in females the height is not an important factor because they focus their performance on the strength of

the lower limb, thus having higher or lower height does not affect them as much as males.

Definitely it would be the type of technique used by each gender that it would influence the performance, males a technique centered in grasp phase and females focused on propulsion phase, but these ideas also need to be studied.

Having a certain level of body fat has sometimes been suggested to present benefits to bouyancy [44, 45] and thereby achieve higher performance, but in this study no association was observed between fat percentage and time 50 meters time, at least in short courses, perhaps in long courses different effects can be observed.

Some limitations deserve to be commented. The technique has been measured by 4 different coaches (one coach for each club). However, each coach was provided with a spreadsheet to standardize the observations, in order to judge from a more objective point of view and therefore present less variation from one trainer to another. Nevertheless we know that despite being a subjective assessment, it is determined by an expert in swimming.

Specific genetic or morphological aspects, related to muscle fibers were not measured and could help to explain some of the present findings. .

However, we think that this study as several positive aspects, like having evaluated a large number of swimmers with high levels of training and with sophisticated methods of strength measurement. Including a combination of body composition, anthropometric and physical fitness variables, differentiating by gender.

5. CONCLUSION

The performance in swimming during the juvenile stage in short distances, is mainly determined by fitness and anthropometry related aspects, while the technique does not appear to be decisive at this stage.. Males focus their performance in physical factors (height and strength in upper limbs), while women in the power of the lower extremities (legs dynamic force). It is possible that predominate favorably, being common to both genders, a type of muscle fiber, type IIb more fast-twitch fibers dependent on genetics.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank participants and their families and coaches for the collaboration. This work was supported by the Spanish ‘Ministerio de Economía y Competitividad’ ‘Plan Nacional I+D+i 2008-2011 (Project DEP DEP2011-29093)’. This project has been co-financed by “Fondo Europeo de Desarrollo Regional” (MICINN-FEDER).

6. REFERENCES/ REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Subdirección General de Estadística y Estudios Ministerio de Educación, C.y.D., *Anuario de estadísticas deportivas Españolas 2013*, c.y.d. Ministerio de Educación, Editor. 2013, Abril: MECD.
2. Aspenes, S.T. and T. Karlsen, *Exercise-Training Intervention Studies in Competitive Swimming*. Sports Medicine, 2012. **42**(6): p. 527-543.
3. Garrido, N.D., et al., *High level swimming performance and its relation to non-specific parameters: a cross-sectional study on maximum handgrip isometric strength*. Perceptual and Motor Skills, 2012. **114**(3): p. 936-948.
4. Watts, P.B., et al., *Anthropometry of young competitive sport rock climbers*. British Journal of Sports Medicine, 2003. **37**(5): p. 420-424.
5. Matthys, S.P.J., et al., *A multidisciplinary identification model for youth handball*. European Journal of Sport Science, 2011. **11**(5): p. 355-363.
6. Massuca, L.M., I. Fragoso, and J. Teles, *Attributes of top elite team-handball players*. Journal of Strength and Conditioning Research, 2014. **28**(1): p. 178-186.
7. Visnapuu, M. and T. Juerimae, *Relations of anthropometric parameters with scores on basic and specific motor tasks in young handball players*. Perceptual and Motor Skills, 2009. **108**(3): p. 670-676.
8. Visnapuu, M. and T. Juerimae, *Handgrip strength and hand dimensions in young handball and basketball players*. Journal of Strength and Conditioning Research, 2007. **21**(3): p. 923-929.
9. Cortis, C., et al., *Inter-limb coordination, strength, jump, and sprint performances following a youth men's basketball game*. Journal of Strength and Conditioning Research, 2011. **25**(1): p. 135-142.
10. Cortis, C., et al., *Interlimb coordination, strength, and power in soccer players across the lifespan*. Journal of Strength and Conditioning Research, 2009. **23**(9): p. 2458-2466.
11. Girard, O. and G.P. Millet, *Physical determinants of tennis performance in competitive teenage players*. Journal of Strength and Conditioning Research, 2009. **23**(6): p. 1867-1872.
12. Coelho-E-Silva, M.J., et al., *Sport selection in under-17 male roller hockey*. Journal of Sports Sciences, 2012. **30**(16): p. 1793-1802.
13. Geladas, N.D., G.P. Nassis, and S. Pavlicevic, *Somatic and physical traits affecting sprint swimming performance in young swimmers*. International Journal of Sports Medicine, 2005. **26**(2): p. 139-144.
14. Zampagni, M.L., et al., *Anthropometric and strength variables to predict freestyle performance times in elite master swimmers*. Journal of Strength and Conditioning Research, 2008. **22**(4): p. 1298-1307.
15. Silva, A.J., et al., *The use of neural network technology to model swimming performance*. Journal of Sports Science and Medicine, 2007. **6**(1): p. 117-125.
16. Frederiksen, H., et al., *Hand grip strength: A phenotype suitable for identifying genetic variants affecting mid- and late-life physical functional*. Genetic Epidemiology, 2002. **23**(2): p. 110-122.
17. Hansen, L., et al., *Development of muscle strength in relation to training level and testosterone in young male soccer players*. Journal of Applied Physiology, 1999. **87**(3): p. 1141-1147.

18. Garrido, N., et al., *Does combined dry land strength and aerobic training inhibit performance of young competitive swimmers?* Journal of Sports Science and Medicine, 2010. **9**(2): p. 300-310.
19. Whiteley, R., et al., *Correlation of isokinetic and novel hand-held dynamometry measures of knee flexion and extension strength testing.* Journal of Science and Medicine in Sport, 2012. **15**(5): p. 444-450.
20. Ellenbecker, T.S., et al., *A descriptive profile of age-specific knee extension flexion strength in elite junior tennis players.* British Journal of Sports Medicine, 2007. **41**(11).
21. De Ruiter, C.J., et al., *Isometric knee-extensor torque development and jump height in volleyball players.* Medicine and Science in Sports and Exercise, 2007. **39**(8): p. 1336-1346.
22. Rousanoglou, E.N., K.G. Barzouka, and K.D. Boudolos, *Seasonal changes of jumping performance and knee muscle strength in under-19 women volleyball players.* Journal of Strength and Conditioning Research, 2013. **27**(4): p. 1108-1117.
23. Perry, A.C., et al., *Can laboratory-based tennis profiles predict field tests of tennis performance?* Journal of Strength and Conditioning Research, 2004. **18**(1): p. 136-143.
24. Andrade, M.D.S., et al., *Profile of isokinetic eccentric-to-concentric strength ratios of shoulder rotator muscles in elite female team handball players.* Journal of sports sciences, 2010. **28**(7): p. 743-9.
25. Hoshikawa, Y., et al., *Thigh Muscularity and Strength in Teenage Soccer Players.* International Journal of Sports Medicine, 2013. **34**(5): p. 415-423.
26. Manzi, V., F. Impellizzeri, and C. Castagna, *Aerobic Fitness Ecological Validity in Elite Soccer Players: A Metabolic Power Approach.* Journal of Strength and Conditioning Research, 2014. **28**(4): p. 914-919.
27. Manson, S.A., M. Brughelli, and N.K. Harris, *Physiological characteristics of international female soccer players.* Journal of Strength and Conditioning Research, 2014. **28**(2): p. 308-318.
28. Zribi, A., et al., *Short-Term Lower-Body Plyometric Training Improves Whole-Body BMC, Bone Metabolic Markers, and Physical Fitness in Early Pubertal Male Basketball Players.* Pediatric Exercise Science, 2014. **26**(1): p. 22-32.
29. Saavedra, J.M., Y. Escalante, and F.A. Rodriguez, *A Multivariate Analysis of Performance in Young Swimmers.* Pediatric Exercise Science, 2010. **22**(1): p. 135-151.
30. Gómez- Bruton, A., et al., *Swimming training repercussion on metabolic and structural bone development. Benefits of the incorporation of whole body vibration training. The RENACIMIENTO project.* Nutrición hospitalaria, 2014.
31. *Physical status: the use and interpretation of anthropometry. Report of a WHO Expert Committee.* World Health Organization technical report series, 1995. **854**: p. 1-452.
32. Ruiz, J.R., et al., *Hand span influences optimal grip span in male and female teenagers.* The Journal of hand surgery, 2006. **31**(8): p. 1367-72.
33. Leger, L.A., et al., *The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness.* Journal of Sports Sciences, 1988. **6**(2): p. 93-101.
34. Vicente-Rodriguez, G., et al., *Interrater reliability and time measurement validity of speed-agility field tests in adolescents.* Journal of Strength and Conditioning Research, 2011. **25**(7): p. 2059-2063.

35. Vicente-Rodriguez, G., et al., *Enhanced bone mass and physical fitness in young female handball players*. Bone, 2004. **35**(5): p. 1208-1215.
36. Ricoy, J.R., et al., *Histochemical study of the vastus lateralis muscle fibre types of athletes*. Journal of Physiology and Biochemistry, 1998. **54**(1): p. 41-47.
37. Laett, E., et al., *Physiological, biomechanical and anthropometrical predictors of sprint swimming performance in adolescent swimmers*. Journal of Sports Science and Medicine, 2010. **9**(3): p. 398-404.
38. Vitor, F.d.M. and M.T.S. Bohme, *Performance of young male swimmers in the 100-meters front crawl*. Pediatric exercise science, 2010. **22**(2): p. 278-87.
39. Morais, J.E., et al., *Linking Selected Kinematic, Anthropometric and Hydrodynamic Variables to Young Swimmer Performance*. Pediatric Exercise Science, 2012. **24**(4): p. 649-664.
40. Jerszynski, D., et al., *Changes in Selected Parameters of Swimming Technique in the Back Crawl and the Front Crawl in Young Novice Swimmers*. Journal of Human Kinetics, 2013. **37**: p. 161-171.
41. Bohannon, R.W., *Reference values for extremity muscle strength obtained by hand-held dynamometry from adults aged 20 to 79 years*. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 1997. **78**(1): p. 26-32.
42. Jurimae, J., et al., *Analysis of swimming performance from physical, physiological, and biomechanical parameters in young swimmers*. Pediatric Exercise Science, 2007. **19**(1): p. 70-81.
43. Latt, E., et al., *Physical Development and Swimming Performance During Biological Maturation in Young Female Swimmers*. Collegium Antropologicum, 2009. **33**(1): p. 117-122.
44. Cabañas Armesilla, M.D. and F. Esparza Ros, *Compendio de cineantropometría*. 2009, Madrid: CTO Editorial.
45. Riera J., J.C., Ventura J.L., Zamora A., *Estudio antropométrico y funcional en nadadores*. Apunts Medicina de l'Esport., 1994. **31**: p. 213-31.

Table 1. Descriptive characteristics. Data are presented as mean \pm Standard Deviation (SD).

Variable	General (n=67)	Male (n= 46)	Female (n= 36)
Age (y)	14.34 \pm 2.17	15.32 \pm 2.06*	13.56 \pm 1.97
Weight (kg)	55.55 \pm 13.18	62.52 \pm 11.54*	47.45 \pm 9.35
Height, (cm)	164.23 \pm 12.1	171.16 \pm 10.15*	157.17 \pm 10.01
BMI (kg/m ²)	20.31 \pm 2.78	21.21 \pm 2.83*	19.01 \pm 1.8
Crawl technique (1/10)	6.21 \pm 1.43	6.11 \pm 1.57	6.12 \pm 1.45
Isometric Crawl Force (N)	271.6 \pm 114.83	338.51 \pm 110.76*	188.34 \pm 49.50
KE Isometric (N)	899.66 \pm 276.74	1046.44 \pm 272.87*	728.31 \pm 154.77
Handgrip (kg)	54.99 \pm 17.83	66.04 \pm 17.91*	43.54 \pm 8.75
VO ₂ max (l/min)	50.57 \pm 4.9	52.51 \pm 4.43*	48.1 \pm 5.15
V30m (s)	5.17 \pm 0.48	4.87 \pm 0.35*	5.52 \pm 0.38
SBJ (m)	1.89 \pm 0.30	2.10 \pm 0.25*	1.65 \pm 0.17
Time 50m (s)	30.78 \pm 3.12	29.49 \pm 2.79*	32.46 \pm 2.72
Swim years (y)	9.67 \pm 2.27	8.43 \pm 3.06	7.89 \pm 2.44
SHW (h)	7.85 \pm 2.67	10.16 \pm 2.1	9.51 \pm 2.38
Lean mass (kg)	44.41 \pm 11.67	50.62 \pm 10.58	36.28 \pm 7.21
% fat (%)	10.22 \pm 3.51	9.87 \pm 3.76	10.67 \pm 3.17

BMI = body mass index; KE Isometric = knee extension isometric; V30m = velocity 30 meters; SBJ = standing broad jump; SHW = swimming hours week. VO₂max: maximum aerobic power; % fat: body fat percentage. *p< 0.05 compared to female group.

Principales factores que influyen sobre el rendimiento en nadadores adolescentes en la prueba 50 metros estilo crol

Elena Pardos Mainer

Table 2. Correlations coefficients between 50m freestyle time and fitness and body composition variables presented for all swimmers and segmented by gender, male and female.

	<i>Sex</i>	<i>SBJ</i>	<i>V30m</i>	<i>VO₂max</i>	<i>HG</i>	<i>ICF</i>	<i>KE</i>	<i>TC</i>	<i>W</i>	<i>H</i>	<i>BMI</i>	<i>LM</i>	<i>%F</i>	<i>HW</i>	<i>SY</i>
<i>T50m</i>	A (n=67)	-0.561*	0.538*	-0.435*	-0.511*	-0.269*	-0.267*	-0.322*	-0.440*	-0.602*	-0.114	-0.516*	-0.026	-0.464*	-0.092
	M(n=38)	-0.562*	0.514*	-0.384*	-0.599*	-0.184	-0.221	-0.340*	-0.461*	-0.687*	-0.089	-0.561*	-0.007	-0.666*	-0.174
	F(n=29)	-0.508*	0.420*	-0.352	-0.106	-0.151	-0.122	-0.471*	-0.214	-0.318	0.036	-0.271	-0.045	-0.171	-0.036

A=All swimmers; M = male; F = female; T50m = Time 50 meters; SBJ = standing broad jump; V30m = velocity 30 meters; HG = handgrip; ICF = isometric crawl force; KE = knee extension isometric; TC = technique crawl; W = weight; H = height; BMI = body mass index; LM = lean mass; %F = % fat; HW = swimming hours week; SY = swim years. *=p<0.05

Table 3. Multiple linear regression analysis of fitness and body composition variables as regards to 50 meters freestyle

Time 50m (s)									
Dependent variables	Model 1			Model 2			Model 3		
	β^{δ}	Semip corre ^º	p	β^{δ}	Semip corre ^º	p	β^{δ}	Semip corre ^º	p
All swimmers									
Height	-0.413	-0.298	-0.000	-0.384	-0.274	0.000	-0.331	-0.226	0.000
V30m	0.217	0.126	0.035	0.258	0.147	0.011	0.217	0.122	0.029
Crawl technique	-0.207	-0.202	0.001	-0.192	-0.186	0.002	-0.183	-0.177	0.002
SBJ	-0.302	-0.122	0.006	-0.222	-0.116	0.043	-0.162	-0.082	0.138
Male									
Handgrip	-0.279	-0.174	0.034	-0.269	-0.168	0.029	-0.231	-0.133	0.082
Height	-0.441	-0.340	0.000	-0.334	-0.236	0.003	-0.314	-0.215	0.006
V30m	0.301	0.218	0.009	0.280	0.202	0.009	0.256	0.176	0.023
Female									
SBJ	-0.465	-0.415	0.002	-0.434	-0.351	0.009	-0.316	-0.246	0.028
V30m	0.442	0.394	0.003	0.451	0.399	0.003	0.256	0.202	0.067

Significant results in **bold letters**

Model 1

Model 2 = Model 1 + Swimming hours per week (h)

Model 3 = Model 2 + Age

^δ β is the estimated standardized regression coefficient

^º Semi- partial correlation